

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

THIS PAGE BLANK (USPTO)

D3



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 195 48 248 A 1

51 Int. Cl. 6:
B 60 T 13/14
B 60 T 13/20

21 Aktenzeichen: 195 48 248.4
22 Anmeldetag: 22. 12. 95
43 Offenlegungstag: 26. 6. 97

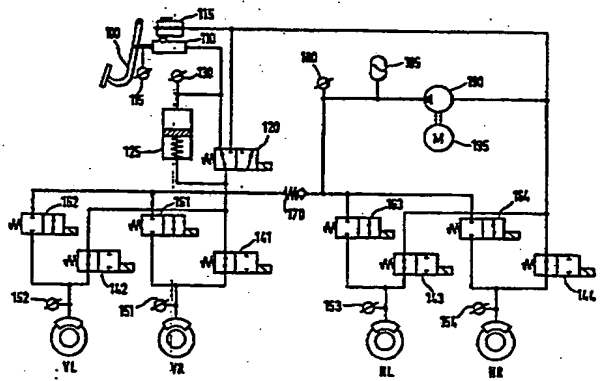
DE 195 48 248 A 1

71 Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

72 Erfinder:
Schunck, Eberhardt, Dipl.-Phys., 76829 Landau, DE;
Hachtel, Juergen, Dipl.-Ing., 74219 Moeckmuehl, DE

54 Verfahren und Vorrichtung zur Steuerung einer Pumpe eines elektrohydraulischen Bremssystems

57 Es wird ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Steuerung einer Pumpe eines elektrohydraulischen Bremssystems beschrieben. Hierbei wird die Hydraulikflüssigkeit aus einem Druckspeicher über Ventile in die Radbremszylinder eingesteuert, wobei der Druckspeicher mit einer Pumpe geladen wird. Die Pumpe wird leistungsgeregt angesteuert.



DE 195 48 248 A 1

Beschreibung

Stand der Technik

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Steuerung einer Pumpe eines elektrohydraulischen Bremssystems.

Bei einem elektrohydraulischen Bremssystem wird die Bremsflüssigkeit aus einem Druckspeicher über Ventile in die einzelnen Radzylinder eingesteuert. Dieser Druckspeicher wird mit einer Pumpe geladen. Wird die Pumpe dauernd betrieben, so führt dies zu einer erheblichen Geräuschemission und einer Störung des Fahrkomforts. Desweiteren können in bestimmten Betriebszuständen Resonanzerscheinungen auftreten.

Aufgabe der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, daß das Laden des Druckspeichers durch die Pumpe möglichst geräuschlos erfolgt. Diese Aufgabe wird durch die in den unabhängigen Ansprüchen gekennzeichneten Merkmale gelöst.

Vorteile der Erfindung

Mit der erfindungsgemäßen Vorgehensweise wird eine geringe Geräuschemission der Pumpe bzw. des Bremssystems ermöglicht. Dadurch ist die Verwendung von weniger aufwendigen und kostengünstigeren Pumpen, beispielsweise einer Kolbenpumpe möglich. Desweiteren werden Bordnetzstromschwankungen und damit elektromagnetische Störungen verringert. Ein weiterer Vorteil ergibt sich dadurch, daß Resonanzanregungen vermieden werden können.

Vorteilhafte und zweckmäßige Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

Zeichnung

Die Erfindung wird nachstehend anhand der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsformen erläutert. In Fig. 1 ist als Blockdiagramm das erfindungsgemäße elektrohydraulische Bremssystem dargestellt. Fig. 2 zeigt eine erste Ausführungsform der erfindungsgemäßen Steuerung der Pumpe des elektrohydraulischen Bremssystems. Fig. 3 zeigt die Ansteuersignale zur Beaufschlagung der Endstufe des Pumpenmotors und Fig. 4 zeigt eine weitere Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Steuerung.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

In Fig. 1 sind die wesentlichsten Elemente des elektrohydraulischen Bremssystems dargestellt. Ein Bremspedal ist mit 100 bezeichnet. Über das Bremspedal kann Druck in einem Hauptbremszylinder 110 aufgebaut werden. Mittels eines Pedalwegensors 118 kann die Bewegung des Bremspedals erfaßt werden. Der Hauptbremszylinder steht mit einem Vorratsbehälter 115 in Kontakt. Der Hauptbremszylinder 110 steht in Verbindung mit einem Sicherheitsventil 120, das sich in seinem nicht bestromten Zustand in der dargestellten Stellung befindet. Parallel zu dem Sicherheitsventil ist ein Pedalwegsimulator 125 geschaltet.

In der Verbindungsleitung zwischen dem Haupt-

bremszylinder 110 und dem Sicherheitsventil 120 bzw. dem Pedalwegsimulator 125 ist ein Drucksensor 130 angeordnet, der ein Signal bereitstellt, das den Druck PHZ im Hauptbremszylinder anzeigt.

Im nicht bestromten Zustand gibt das Sicherheitsventil 120 die Verbindung zwischen dem Hauptbremszylinder und Auslaßventilen 141 und 142 frei. Die Auslaßventile sind ebenfalls in ihrem nicht bestromten Zustand in Durchlaßstellung geschaltet und geben die Verbindung zu Radbremszylindern frei.

Das Auslaßventil 141 ist dem Radbremszylinder VR des rechten Vorderrads und das Auslaßventil 142 dem Radbremszylinder VL des linken Vorderrads zugeordnet. Der Druck in den Radbremszylindern kann durch Sensoren 151 und 152 erfaßt werden.

Die Radbremszylinder stehen Desweiteren über Einlaßventile 161 und 162 und ein Rückschlagventil 170 mit einem Druckspeicher 185 in Kontakt. Der Druck in dem Druckspeicher 185 kann mittels eines Drucksensors 180 erfaßt werden. Das Einlaßventil 161 ist dem rechten Vorderrad und das Einlaßventil 162 dem linken Vorderrad zugeordnet.

Desweiteren steht der Druckspeicher 185 über die Einlaßventile 163 und 164 mit dem Radbremszylinder HL des linken Hinterrad bzw. mit dem Radbremszylinder HR des rechten Hinterrad in Kontakt. Die Radbremszylinder des linken Hinterrades bzw. das rechte Hinterrades stehen wiederum über Auslaßventile 143 bzw. Auslaßventile 144 mit dem Vorratsbehälter 115 in Kontakt.

Die Auslaßventile 141 und 142 können über das Sicherheitsventil 120 ebenfalls mit dem Vorratsbehälter 115 in Kontakt gebracht werden.

Eine Pumpe 190, die von einem Pumpenmotor 195 angetrieben wird, fördert die Hydraulikflüssigkeit von dem Vorratsbehälter 115 in den Druckspeicher 185.

Diese Einrichtung arbeitet nun wie folgt. Beim ordnungsgemäßen Betrieb wird das Sicherheitsventil 120 bestromt. Das Sicherheitsventil 120 gibt die Verbindung zwischen dem Vorratsbehälter 115 und den Auslaßventilen frei und unterbricht die Verbindung zwischen dem Hauptbremszylinder 110 und den Auslaßventilen. Betätigt der Fahrer das Bremspedal 100, so ermittelt der Sensor 118 ein Signal, das den Pedalweg des Bremspedals 100 entspricht und/oder der Sensor 130 liefert ein Drucksignal bezüglich des Druckes im Hauptbremszylinder.

Ausgehend von wenigstens einem dieser Signale, die dem Fahrerwunsch entsprechen und evtl. weiteren Betriebskenngrößen bestimmt eine nicht dargestellte Steuereinheit Ansteuersignale zur Beaufschlagung der Einlaßventile 161, 162, 163 und 164 sowie der Auslaßventile 141, 142, 143 und 144.

Durch Bestromen des Pumpenmotors 195 wird die Pumpe 190 angetrieben und fördert Hydraulikflüssigkeit vom Vorratsbehälter 115 in den Druckspeicher 185. Dies hat zur Folge, daß der Druck im Druckspeicher 185, der vom Drucksensor 180 gemessen wird, ansteigt. Durch Öffnen der Einlaßventile 161 bis 164 und Schließen der Auslaßventile 141 bis 144, wird der Druck in den Radbremszylindern abhängig vom Fahrerwunsch erhöht. Durch Öffnen der Auslaßventile und Schließen der Einlaßventile kann der Druck in den Radbremszylindern entsprechend der Pedalbetätigung abgebaut werden.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn der Druck in den Radbremszylindern mit den Drucksensoren 151 bis 154 gemessen wird. In diesem Fall ist eine Druckregelung

und/oder eine Fehlerüberwachung möglich.

Der Pedalwegsimulator 125 bewirkt, daß der Fahrer am Bremspedal eine entsprechende Kraft spürt, die bei entsprechender Betätigung des Bremspedals bei einem herkömmlichen Bremssystem auftreten würde.

Bei Ausfall der Einrichtung wird das Sicherheitsventil 120 stromlos und gibt die Verbindung zwischen dem Hauptbremszylinder 110 und den Radbremszylindern der Vorderräder VL und VR frei. Damit hat der Fahrer über das Bremspedal Durchgriff auf die Radbremszylinder der Vorderräder.

Die Pumpe 190 muß ausreichend Hydraulikflüssigkeit in den Druckspeicher 185 fördern, damit ein ausreichender Bremsdruck zur Verfügung steht. Erfindungsgemäß wird der Pumpenmotor 195, mit dem die Pumpe betrieben wird, leistungsgeregelt angesteuert. Um sicherzustellen, daß der Speicher durch mehrmaliges Betätigen der Bremse nicht entleert wird, stellt man diese Leistungsregelung in Abhängigkeit vom Volumenverbrauch der Bremsung ein.

Eine mögliche erfindungsgemäße Art der Ansteuerung ist in Fig. 2 dargestellt. Elemente, die bereits in Fig. 1 beschrieben sind, sind mit entsprechenden Bezugszeichen bezeichnet. Der Pumpenmotor 195 wird über eine Endstufe 210 mit Spannung beaufschlagt. Die Endstufe 210 wird hierzu von einer Steuereinheit 200 mit einem Signal mit einem vorgebbaren Pulspausenverhältnis PPV beaufschlagt. Die Steuereinheit 200 wählt das Pulspausenverhältnis abhängig vom Druck P, der vom Sensor 180 erfaßt wird, aus.

Erkennt eine erste Abfrage 221, daß der Druck P kleiner ist als ein erster Schwellwert P1, so folgt eine weitere Abfrage 222. Ist dies nicht der Fall, so wird ein erstes Pulspausenverhältnis von 0% gewählt. Dies bedeutet, der Pumpenmotor wird nicht bestromt. Die Abfrage 222 überprüft, ob der Druck P kleiner als ein zweiter Schwellwert P2 ist. Ist dies nicht der Fall, so wird ein Pulspausenverhältnis von N2% gewählt. Ist der Druck kleiner als P2, so überprüft eine weitere Abfrage 223, ob der Druck P kleiner als ein Schwellwert P3 ist. Ist dies nicht der Fall, so wird das Pulspausenverhältnis PPV von N3% gewählt. Ist dies der Fall, so folgen weitere Abfragen. Eine letzte Abfrage 225 überprüft, ob der Druck P kleiner ist als ein weiterer Schwellwert PN. Ist dies nicht der Fall, so wird das Pulspausenverhältnis von beispielsweise 95% gewählt. Ist dies der Fall, wird ein Pulspausenverhältnis von 100% gewählt. Dies bedeutet der Pumpenmotor wird voll bestromt. Für die Druckwerte P1, P2 bis PN gilt, daß P1 der größte Druckwert und PN der kleinste Druckwert ist.

Bei dieser Ausgestaltung wird die Leistungssteuerung des Pumpenmotors über das Pulspausenverhältnis des Ansteuerstroms realisiert. Dabei wird das Pulspausenverhältnis in Abhängigkeit der Abweichung des Speicherdrucks von einem Sollwert P1 eingestellt. Je größer die Abweichung des Solldrucks vom tatsächlichen Druck ist, bzw. je kleiner der Druckwert ist, desto größer ist das Pulspausenverhältnis der Pumpenansteuerung.

Erfindungsgemäß kann auch vorgesehen sein, daß das Pulspausenverhältnis proportional zur Abweichung des Druckes P vom Sollwert P1 vorgebar ist.

In Fig. 3 sind verschiedene Ansteuersignale für verschiedene Pulspausenverhältnisse PPV aufgetragen. In Fig. 3a ist ein Signal mit einem großen Pulspausenverhältnis dargestellt, das verwendet wird, wenn der Druck weit abgefallen ist. In Fig. 3b ist ein Signal mit einem kleinen Pulspausenverhältnis aufgetragen, das gewählt

wird, wenn nur ein geringer Bedarf an Hydraulikflüssigkeit besteht.

In Fig. 4 ist eine weitere Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorgehensweise dargestellt. Bereits beschriebene Elemente sind mit entsprechenden Bezugszeichen bezeichnet. Eine Verbrauchsermittlung 300 empfängt die Signale des Sensors 118, des Sensors 180 und eines Bremsenmodells 310. Die Verbrauchsermittlung 300 beaufschlagt zum einen das Bremsenmodell 310 und zum anderen die Leistungsvorgabe 320 mit Signalen.

Bei einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung ist eine Abfrage 330 vorgesehen, die überprüft, ob ein Resonanzfall eintreten kann. Ist dies der Fall, so wird in Schritt 340 die Frequenz des Ansteuersignals geändert. Ist dies nicht der Fall, so wird unmittelbar die Endstufe 210 angesteuert.

Diese Einrichtung arbeitet nun wie folgt. Ausgehend von dem Druck im Druckspeicher und der Betätigung des Bremspedals, die mittels des Sensors 118 erkannt wird, ermittelt die Verbrauchsermittlung 300 die Volumenleistung PV, die die Pumpe 190 bereitstellen muß. Die Volumenleistung PV entspricht dem von der Pumpe innerhalb eines bestimmten Zeitraums bereitzustellenden Volumen V an Bremsflüssigkeit.

Dies geschieht unter Verwendung eines Bremsmodells 310. Das Bremsmodell ist beispielsweise als Kennfeld ausgestaltet, in dem abhängig vom Druck P das Volumen V an zu fördernder Hydraulikflüssigkeit abgelegt ist. Für den Zusammenhang zwischen dem Volumen V und dem Druck P besteht nahezu ein lineare Beziehung. Diese kann näherungsweise mit der folgenden Formel beschrieben werden:

$$V = A + B \cdot P$$

Dabei handelt es sich bei A und B um Konstanten, die bekannt sind, oder gemessen werden können.

Der Volumenbedarf V ist bei jeder Bremsung nahezu gleich. Die Volumenleistung PV ergibt sich aus der Anzahl der Bremsungen innerhalb des bestimmten Zeitraums. Die Anzahl der Bremsungen wird anhand der Betätigung des Bremssignals ermittelt.

Ausgehend von der bestimmten Volumenleistung ermittelt die Leistungsvorgabe 320 die erforderliche Leistung bzw. das Pulspausenverhältnis PPV, mit der der Pumpenmotor 195 beaufschlagt werden muß. Zwischen dem Pulspauseverhältnis PPV und der Volumenleistung PV gilt die Beziehung:

$$PV_{\max} \cdot PPV = PV$$

Dabei ist PV_{max} die maximal mögliche Volumenleistung der Pumpe bei voller Bestromung das heißt bei einem PPV von 100%.

Die Abfrage 330 überprüft, ob Resonanzeffekte auftreten können. Die Betriebszustände, bei denen Resonanzeffekte auftreten können werden empirisch ermittelt. Das Vorliegen dieser Betriebszustände wird in der Abfrage 330 überprüft. Ferner werden Resonanzfrequenzen errechnet. Insbesondere bei einem linearen Zusammenhang zwischen der Drehzahl der Pumpe und dem Pulspauseverhältnis PPV treten Resonanzen auf. Erkennt die Abfrage 330 eine solche Frequenz wird auf Resonanz erkannt. Ist dies der Fall, so wird in Schritt 340 die Frequenz des Ansteuersignals verändert. Mit dem so gewonnenen Ansteuersignal wird dann die Endstufe 210 beaufschlagt.

Die Leistungssteuerung wird bei dieser Ausführungsform über ein Pulspausenverhältnis des Ansteuerstroms realisiert. Dabei wird das Pulspausenverhältnis in Abhängigkeit eines Modells zur Ermittlung des Volumenverbrauchswerts der Bremsung unter Verwendung eines Bremsenmodells eingestellt. Das Bremsenmodell berücksichtigt, daß durch mehrmaliges Bremsen mit höherem Druck innerhalb kurzer Zeit ein erhöhter Volumenverbrauch einstellt. Um diesen zu kompensieren, ist eine höhere Pumpenleistung, das heißt ein größeres Pulspausenverhältnis erforderlich. Der Volumenverbrauch beim stationären Bremsen mit niedererem Druck ist geringer. Hier kann das Nachladen des Speichers mit geringerer Leistung, das heißt mit kleinerem Pulspausenverhältnis erfolgen.

Sowohl bei der Variante gemäß Fig. 2 und 4 können mit einer gezielten Vermeidung von Resonanzanregungen ausgestattet werden. Hierzu werden die Anregungsfrequenzen, die zu einer erhöhten Geräuschemission führen, ermittelt und die Leistungsansteuerung, insbesondere die Frequenz des Pulspausenverhältnisses wird so eingestellt, daß diese Resonanzen nicht auftreten. Zur Information über die Pumpenanregungsfrequenz kann ein hochfrequenter Anteil des Speicherdrucksignales ausgewertet werden.

Das Pulspausenverhältnis wird so gewählt, daß das Geräusch minimal ist und gleichzeitig der Speicher relativ schnell nachgeladen wird. Die Periodendauer der Taktung wird hierbei kleiner sein als die Nachlaufzeitkonstante des Motor-Pumpensystems.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung einer Pumpe eines elektrohydraulischen Bremssystems, bei dem die Hydraulikflüssigkeit aus einem Druckspeicher über Ventilmittel in die Radbremszylinder einsteuerbar ist, wobei mit einer Pumpe Hydraulikflüssigkeit in den Druckspeicher förderbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Pumpe mit einem bedarfsgerecht vorgebbaren Pulspausenverhältnis ansteuerbar ist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Pulspausenverhältnis abhängig vom Volumenbedarf an Hydraulikflüssigkeit vorgebbbar ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Pulspausenverhältnis abhängig von einem Druck im Druckspeicher vorgebbbar ist.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Pulspausenverhältnis abhängig von der Abweichung des Drucks von einem vorgebbaren Druckwert vorgebbbar ist.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Frequenz des Steuersignals abhängig von Resonanzeffekten vorgebbbar ist.
6. Vorrichtung zur Steuerung einer Pumpe eines elektrohydraulischen Bremssystems, bei dem die Hydraulikflüssigkeit aus einem Druckspeicher über Ventilmittel in die Radbremszylinder einsteuerbar ist, wobei mit einer Pumpe Hydraulikflüssigkeit in den Druckspeicher fördert, dadurch gekennzeichnet, daß Mittel vorgesehen sind, die die Pumpe mit einem bedarfsgerecht vorgebbaren Pulspausenverhältnis ansteuern.

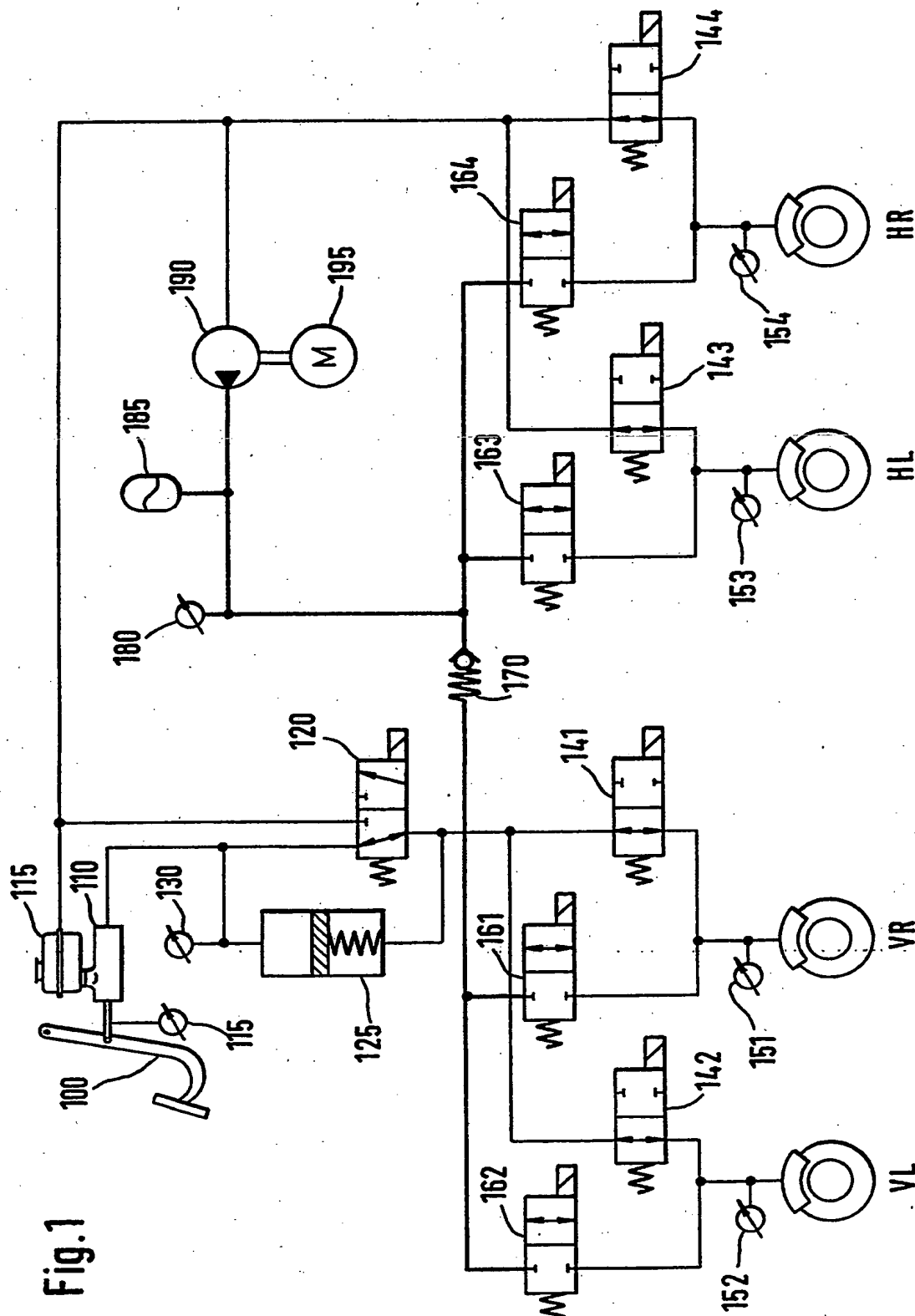
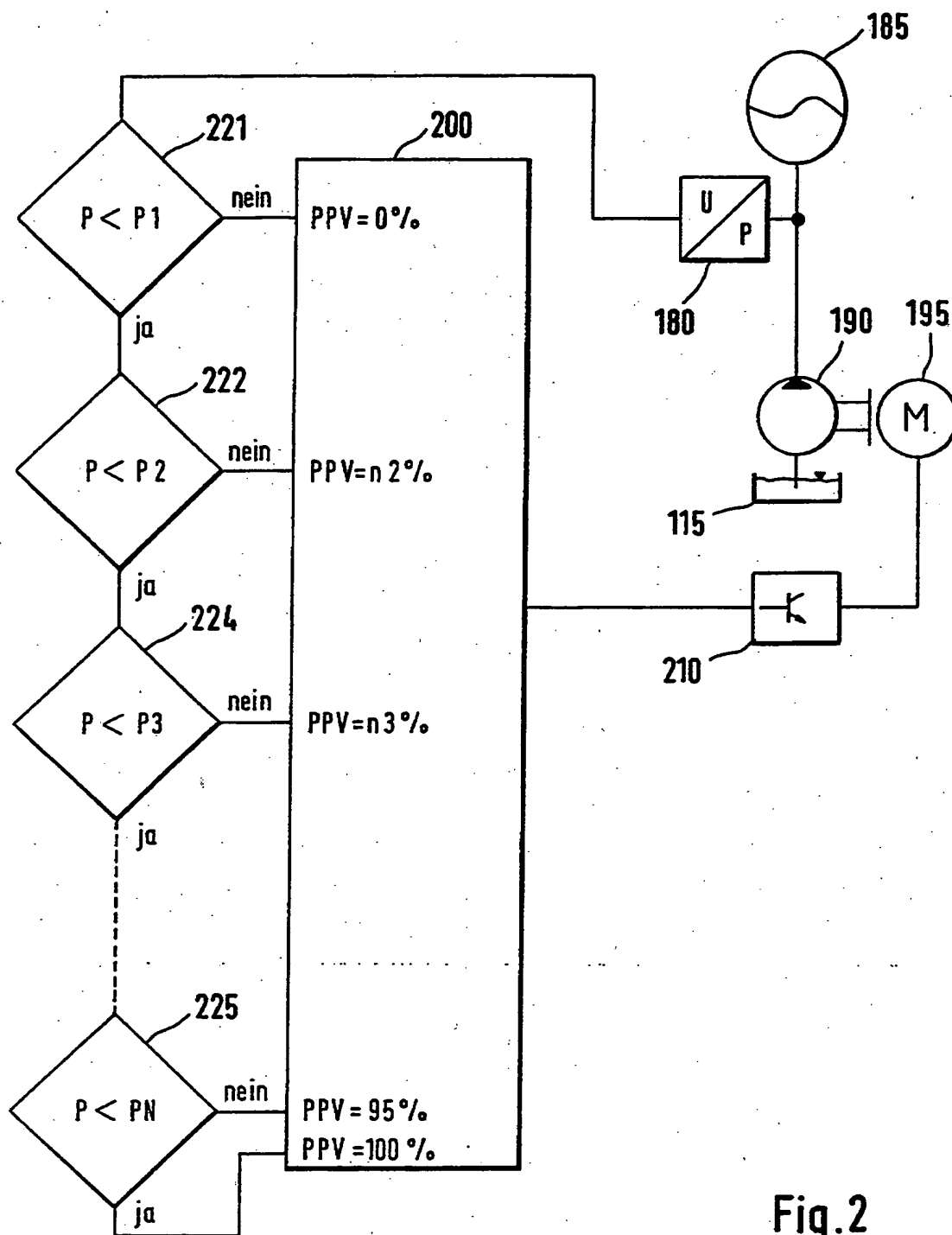


Fig. 1



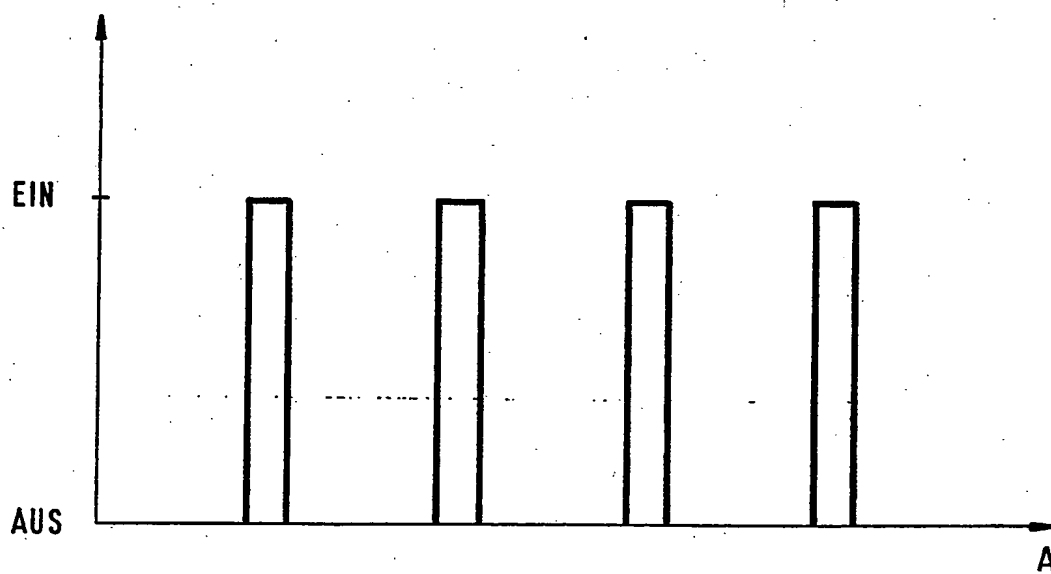
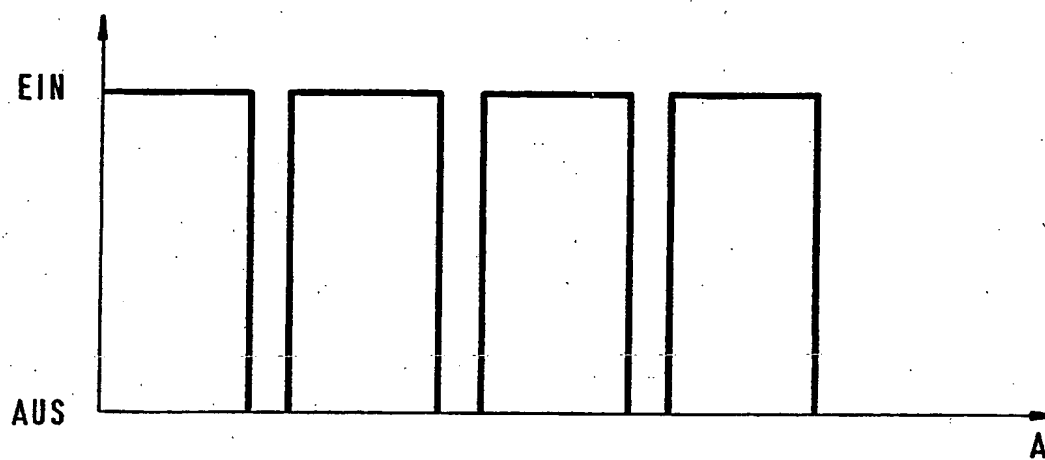


Fig.3

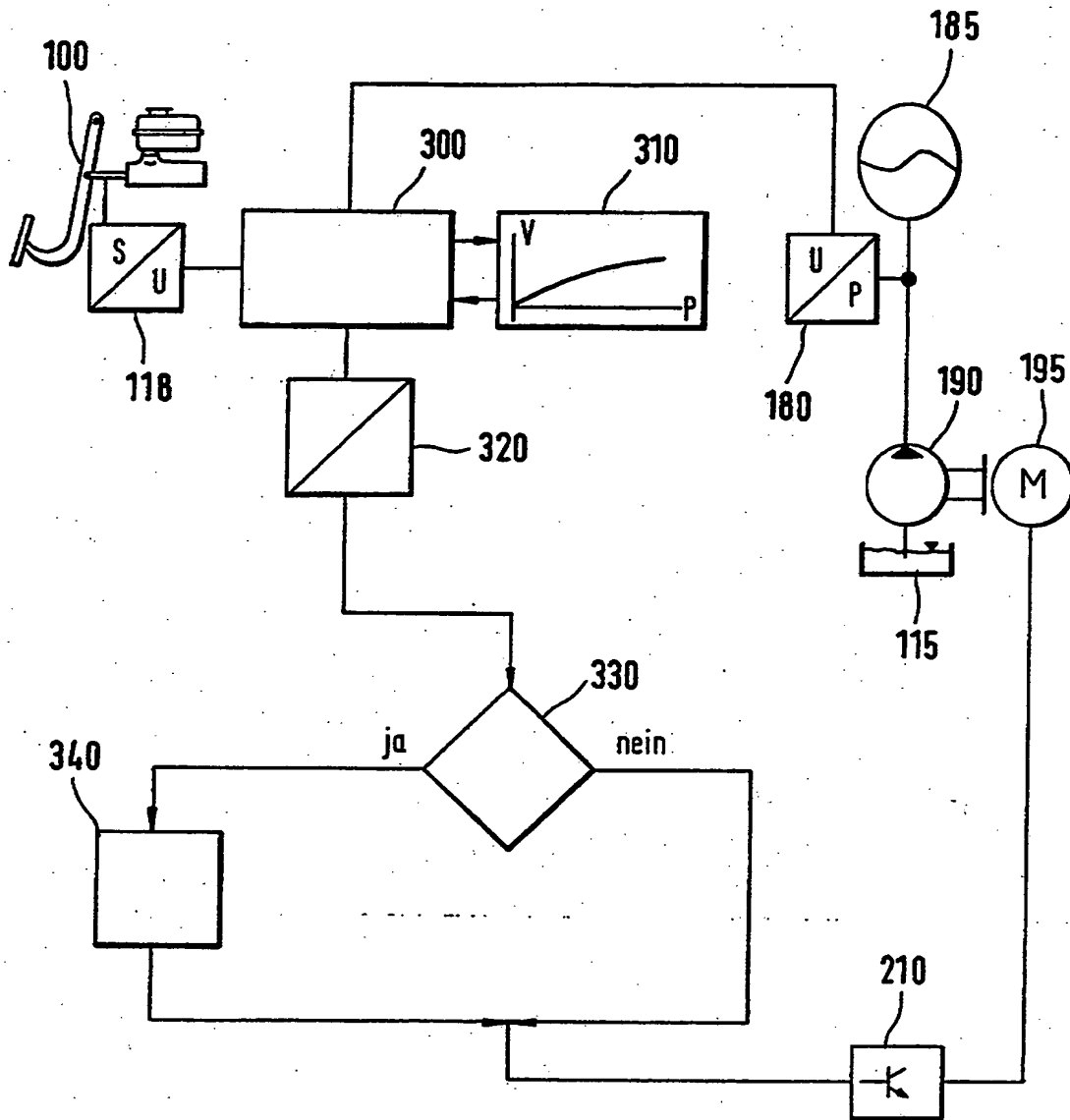


Fig.4